

**ANALISA KESETIMBANGAN ENERGI SISTEM *MULTI
EFFECT DISTILLATION* (MED) PADA KONDISI SAAT INI**

TUGAS AKHIR

*Disusun Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Kelulusan Program Sarjana Strata Satu (S1)
Program Studi Teknik Mesin Universitas Pasundan*

Oleh:

Auliansyah Afrianthoni

123030089



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2017**

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISA KESETIMBANGAN ENERGI SITEM *MULTI*
EFFECT DISTILLATION (MED) PADA KONDISI SAAT INI**



Nama : Auliansyah Afrianthoni
NRP : 12.3030089

Pembimbing I

Dr. Ir. Hery Sonawan, MT

Pembimbing II

Ir. Herman Soemantri, MT

ABSTRAK

Proses destilasi merupakan sebuah instrumen yang berfungsi untuk menghasilkan air tawar yang berasal dari air laut melalui proses evaporasi dan kondensasi. Proses evaporasi dan kondensasi ini sangat bergantung pada temperatur air laut yang berasal dari air laut. Untuk mendapatkan kualitas air yang diinginkan, maka temperatur air umpan atau air laut perlu dijaga agar tetap stabil. Didalam unit pembangkit peran destilasi sangat diperlukan karena menyediakan air sebagai bahan baku produksi listrik.

Berdasarkan data aktual kondisi saat ini yang di ambil dari tempat studi kasus PJB Indramayu yang bertempat di Desa Sumuradem Indramayu, mengalami penurunan yang sangat signifikan dibandingkan dengan pada saat awal beroperasi (*commissioning*), yakni yang awalnya mampu menghasilkan laju air bersih sebesar 160 ton/jam, sekarang menjadi 50 ton/jam.

Secara *teoritis* (perhitungan secara manual), unit MED pada PJB Indramayu yang beroperasi mampu menghasilkan air tawar sebesar 9,93 ton/jam pada efek kedua, 19,53 ton/jam pada efek ketiga, 29,65 ton/jam pada efek keempat, 10,22 ton/jam pada efek kelima, 11,94 ton/jam pada efek keenam, 9,79 ton/jam pada efek ketujuh, 8,79 ton/jam pada efek kedelapan, dengan total sebesar 90,85 ton/jam.

Terdapat perbedaan jumlah produksi air tawar aktual di lapangan dengan jumlah produksi air tawar *teoritis*. Jumlah produksi air tawar aktual di lapangan sebesar 50 ton/jam, sedangkan jumlah produksi air tawar *teoritis* sebesar 90,85 ton/jam.

Kata Kunci : Destilasi, Evaporasi, Kondensasi

ABSTRACT

The distillation process is an instrument that works to produce fresh water from the sea water through evaporation and condensation. The process of evaporation and condensation is highly dependent on the temperature of the sea water that comes from the sea water. To obtain the desired water quality, the feed water temperature or sea water should be maintained in order to remain stable. Inside the plant units, distillation role insipensable for providing water as raw material for the production of electricity.

However, based on actual data of the current conditions taken from case study of PJB Indramayu located in the village of Sumuradem Indramayu, has decreased significantly compared with the beginning of operation (commissioning), which were originally able to produce the rate of water supply of 160 ton/hour , now a 50 ton/hour.

Theoretically (manual calculation), MED unit in Indramayu operating PJB able to produce fresh water at 9.93 ton / hr at a second effect, 19.53 tons / hour on the effect of the third, 29.65 tons / hour on the effects of the fourth, 10.22 tons / hour on the effect of the fifth, 11.94 tons / hour on the effects of the sixth, 9.79 tons / hour on the effect of the seventh, 8.79 tons / hour on the effect of the eighth, with a total of 90.85 tons / hour.

There are differences in the actual amount of fresh water production in the field with the theoretical amount of fresh water production. Actual production quantities of fresh water in the field of 50 ton/hour, while the theoretical amount of fresh water production of 90.85 tons/hour.

Key words: Distillation, Evaporation, Condensation

KATA PENGANTAR

Segala puji hanya milik Allah SWT yang telah menciptakan langit dan bumi beserta isinya. Diiringi dengan rasa syukur kepada-Nya yang telah memberikan taufik dan hidayahnya. Shalawat serta salam semoga tercurah selamanya kepada Nabi Muhammad Sallallahu ‘Alaihi Wasallam, keluarga, sahabat, tabi’in, dan umatnya yang tetap konsisten di jalan kebenaran sesuai syariatnya hingga akhir zaman. Sangatlah besar nikmat dan karunia yang diterima umat manusia. Terlebih lagi umat Muhammad Sallallahu ‘Alaihi Wasallam yang telah diberi tuntunan untuk mendapatkan kebahagiaan di dunia dan akhirat termasuk juga kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berstudi kasus di PJB Indramayu. Laporan ini disusun dengan judul “**Analisis Keseimbangan Energi Sistem *Multi Effect Distillation* (MED) Pada Kondisi Saat Ini**”. Penyusunan ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat akademis mata kuliah Tugas Akhir di jurusan Teknik Mesin Universitas Pasundan Bandung. Penulis menyadari dalam penulisan laporan ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu penulis mohon maaf atas segala kekurangan dalam penyusunan laporan ini.

Dengan penulisan laporan ini diharapkan dapat membawa manfaat, bisa menambah wawasan dan ilmu pengetahuan serta teknologi dibidang keteknikan khususnya teknik mesin baik bagi penulis maupun bagi pembaca yang membutuhkan referensi di bidang tersebut. Dengan adanya laporan ini diharapkan dapat menambah dan melengkapi perbendaharaan buku agar dapat memberi manfaat kepada pembaca.

Terbentuknya laporan ini tentunya tidak terlepas dari bimbingan dan dorongan dari berbagai pihak, baik berupa moril maupun materil. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa hormat dan ucapan terima kasih yang sebesar - besarnya kepada :

1. Allah Subhanahu Wa Ta’ala atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan laporan tugas akhir ini dengan sehat wal ‘afiat.
2. Ayah, Ibu, Kakak – kakak tercinta atas dukungan dan doa yang tiada hentinya yang diberikan kepada penulis.
3. Bapak Dr. Ir. Hery Sonawan, MT. selaku dosen pembimbing I yang telah banyak memberikan pengetahuannya dan bimbingannya selama pelaksanaan tugas akhir.

4. Bapak Ir. Herman Soemantri, MT. selaku dosen pembimbing II sekaligus sekretaris jurusan Teknik Mesin yang banyak memberikan masukan dan motivasinya kepada penulis.
5. Bapak Dr. Ir. H. Dedi Lazuardi, DEA. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Pasundan Bandung.
6. Bapak Ir. H. Syahbardia, MT. selaku Koordinator Tugas Akhir Jurusan Teknik Mesin Universitas Pasundan Bandung.
7. Seluruh dosen, segenap karyawan dan tata usaha Jurusan Teknik Mesin Universitas Pasundan.
8. PT. PJB UBJO&M PLTU Indramayu yang telah memfasilitasi penulis dalam proses pengambilan data di lapangan.
9. Himpunan Mahasiswa Mesin Universitas Pasundan yang banyak membantu dalam masalah administrasi penulis.
10. Pejuang UICCI Pondok Pesantren Sulaymaniah, serta Ustad Irfan, Ustad Taufik, Ustad Sulayman, dan Ustad Buchori Muslim yang banyak memotivasi dan memberikan pencerahan, semoga kesuksesan dunia akhirat selalu bersama kita.
11. Sahabat-sahabat DKM Ulul Albaab yang senantiasa menjadi rumah kedua, tempat belajar, dan berbagi untuk penulis. Semoga selalu semangat dan diberikan ke Istiqamahan dalam mensyiarkan Islam dan mensukseskan dakwah kampus.
12. Perguruan Pencak Silat Keris Pusaka cabang Bekasi, Bapak dan Ibu Rahmadsyah, Kakak dan Adik-adik tercinta, yang banyak memberikan perubahan positif bagi penulis.
13. Teman-teman Spesial Agent dan Panorama Activity yang menghibur dan banyak berbagi pengalaman hidup.
14. Rekan-rekan seperjuangan Muhammad Deary, Isma Aulia Siswadi, Asep Falah, Achmad Ferrizki, Muhammad Iqbal, Faisal Rachman, Angga Apriansyah, dan seluruh rekan-rekan Teknik Mesin yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu, semoga kita semua dapat menggapai cita-cita yang kita inginkan.

Penulis menyadari kekurangan yang ada pada laporan ini mengingat keterbatasan kemampuan dan pengetahuan yang penulis miliki, sehingga saran dan kritik dari pembaca yang bersifat membangun selalu penulis harapkan.

Akhir kata semoga laporan ini bisa menjadi manfaat bagi penulis sendiri maupun bagi para pembaca.

Wassalamu'alaikum

Bandung, 01 Januari 2017

Auliansyah Afrianthoni

NRP : 123030089

DAFTAR ISI

ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	12
1.1 Latar Belakang	12
1.2 Tujuan Pengujian	13
1.3 Perumusan Masalah	13
1.4 Batasan Masalah	13
1.5 Metoda Pengumpulan Data	14
1.6 Sistematika Penulisan	14
BAB II DASAR TEORI	Error! Bookmark not defined.
2.1 Proses Destilasi	Error! Bookmark not defined.
2.2 Evaporasi	Error! Bookmark not defined.
2.3 Kondensasi	Error! Bookmark not defined.
2.4 Multi Effect Distillation	Error! Bookmark not defined.
2.5 Prinsip Pengoperasian MED	Error! Bookmark not defined.
2.6 <i>Steam Jet Ejector</i>	Error! Bookmark not defined.
2.7 <i>Katup Throttling</i>	Error! Bookmark not defined.
2.8 Keuntungan Sistem MED	Error! Bookmark not defined.
2.9 Diagram P-h (Tekanan VS Entalpi)	Error! Bookmark not defined.
2.10 Jenis - Jenis Pengukur Tekanan (<i>Pressure Measurement</i>) ..	Error! Bookmark not defined.
2.10.1 <i>Pressure Gauge</i> atau Tekanan Gauge	Error! Bookmark not defined.
2.10.2 <i>Absolute Pressure</i> (Tekanan Absolut)	Error! Bookmark not defined.
2.10.3 <i>Differential Pressure</i> (Tekanan Diferensial)	Error! Bookmark not defined.
BAB III DIAGRAM ALIR	Error! Bookmark not defined.
3.1 Diagram Alir	Error! Bookmark not defined.
3.2 Studi Literatur dan Studi Lapangan	Error! Bookmark not defined.

3.3 Pengumpulan Data	Error! Bookmark not defined.
3.4 Penyusunan Keseimbangan Energi dan Analisis Termal	Error! Bookmark not defined.
3.5 Analisis.....	Error! Bookmark not defined.
BAB IV PENGOLAHAN DAN ANALISIS DATA	Error! Bookmark not defined.
4.1 Data Kondisi Saat Ini (10 Mei 2016)	Error! Bookmark not defined.
4.2 Perhitungan Fraksi Uap Di Tiap Efek.....	Error! Bookmark not defined.
4.2.1 Perhitungan Efek 8.....	Error! Bookmark not defined.
4.2.2 Perhitungan Efek 7.....	Error! Bookmark not defined.
4.2.3 Perhitungan Efek 6.....	Error! Bookmark not defined.
4.2.4 Perhitungan Efek 5.....	Error! Bookmark not defined.
4.2.5 Perhitungan Efek 4.....	Error! Bookmark not defined.
4.2.6 Perhitungan Efek 3.....	Error! Bookmark not defined.
4.2.7 Perhitungan Efek 2.....	Error! Bookmark not defined.
4.2.8 Perhitungan Efek 1.....	Error! Bookmark not defined.
4.3 Mencari Laju Aliran Uap Di Tiap Efek	Error! Bookmark not defined.
4.4 Analisa Keseimbangan Laju Aliran Massa Air Umpan (Feed Water)....	Error! Bookmark not defined.
4.5 Analisis Data	Error! Bookmark not defined.
4.5.1 Analisis Perhitungan Data Aktual Rata-Rata Dalam 1 hari	Error! Bookmark not defined.
4.5.2 Analisis Perhitungan Data Aktual Rata-Rata Dalam 1 Bulan.....	Error! Bookmark not defined.
4.5.3 Perbandingan Data Aktual Dan Teoritis Dalam 1 Hari	Error! Bookmark not defined.
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	Error! Bookmark not defined.
5.1 Kesimpulan	Error! Bookmark not defined.
5.2 Saran.....	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR PUSTAKA	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ilustrasi proses evaporasi	6
Gambar 2.2 Ilustrasi proses kondensasi	7
Gambar 2.3 Skema pembangkit MED	9
Gambar 2.4 Katup <i>throttling</i>	13
Gambar 2.5 Skematis diagram P-h	14
Gambar 2.6 <i>Jenis pengukur tekanan pressure gauge</i>	16
<i>Gambar 2.7 Jenis pengukur tekanan absolut pressure</i>	17
<i>Gambar 2.8 Jenis pengukur tekanan differential pressure</i>	18
Gambar 3.1 Diagram alir pengerjaan	19
Gambar 4.1 Sistem MED <i>Plant</i> PLTU Indramayu kondisi saat ini	21
Gambar 4.2 Diagram P-h pada efek 8	23
Gambar 4.3 Diagram P-h pada efek 7	24
Gambar 4.4 Diagram P-h pada efek 6	26
Gambar 4.5 Diagram P-h pada efek 5	28
Gambar 4.6 Diagram P-h pada efek 4	30
Gambar 4.7 Diagram P-h pada efek 3	32
Gambar 4.8 Diagram P-h pada efek 2	34
Gambar 4.9 Diagram P-h pada efek 1	36
Gambar 4.10 Grafik data aktual dalam 1 hari	42
Gambar 4.11 Grafik data aktual selama rentan waktu 1 bulan	44
Gambar 4.12 Grafik perbandingan data aktual dan data <i>teoritis</i>	45

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Data kondisi saat ini di 8 efek	22
Tabel 4.2 Hasil data aktual dalam 1 hari	41
Tabel 4.3 Hasil data aktual dalam waktu 1 bulan	43
Tabel 4.4 Jumlah laju air bersih dengan berasumsi tekanan di efek ke 5 dan 7 sebesar 20 kPa	46

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tingginya tingkat pertumbuhan penduduk di Indonesia yang terus meningkat, maka tingkat kebutuhan masyarakat akan listrik juga meningkat. Akan tetapi, pemerintah melalui PT. PLN (Persero) berusaha dengan maksimal untuk memenuhi tingginya kebutuhan energi listrik tersebut. Untuk itu pemerintah mendirikan banyak pembangkit di Indonesia. Salah satu pembangkit yang didirikan pemerintah adalah Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Agar lebih efisien, pemerintah mendirikan PLTU yang lokasinya tidak jauh dari sungai atau laut. Namun air laut yang diambil tidak dapat digunakan langsung dalam siklus PLTU dikarenakan kadar garam yang sangat tinggi, maka air laut tersebut harus di proses dengan cara proses destilasi untuk menghilangkan kadar garam yang terkandung. Agar alat – alat pada siklus PLTU tidak terjadi korosi (berkarat), maka diperlukanlah proses destilasi untuk memisahkan antara air bersih dengan garam.

Destilasi atau desalinasi adalah *plant* yang digunakan untuk mengolah air laut untuk dijadikan air tawar atau air baku produksi. Air tawar tersebut diperoleh dengan cara evaporasi dan kondensasi. Untuk memperoleh air tawar yang maksimal, maka diperlukan sistem kontrol yang terkondisikan agar proses evaporasi berlangsung sempurna. Untuk itu PLTU Sumuradem yang berlokasi di Indramayu, Jawa Barat menggunakan proses destilasi dengan sistem *Multi Effect Distillation* (MED).

Di PLTU Sumuradem Indramayu, data dalam penelitian diperoleh data pada tampilan layar monitor dan data pada *flow sheet* yang diambil dari *controll room* dan melihat kondisi sekitar unit MED secara langsung. Data yang sudah didapat, diolah dengan menggunakan metode kesetimbangan energi. Penelitian ini difokuskan untuk

menghitung jumlah produksi air tawar secara *teoritis* yang dihasilkan MED *plant* pada kondisi saat ini.

Dengan latar belakang yang telah dijelaskan, maka penulis akan melakukan penelitian Tugas Akhir dengan judul **Analisis Keseimbangan Energi Sistem *Multi Effect Distillation* (MED) Pada Kondisi Saat Ini.**

1.2 Tujuan Pengujian

Tujuan yang hendak dicapai dari penelitian ini adalah :

- a. Menghitung laju produksi air bersih dalam sistem *Multi Effect Distillation* (MED) pada kondisi saat ini.
- b. Membandingkan laju produksi air aktual dengan *teoritis*.
- c. Membandingkan laju produksi air bersih kondisi saat ini dengan laju produksi air bersih pada saat *commisioning* (awal beroperasi).

1.3 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah yang ingin penulis ajukan adalah sebagai berikut :

- a. Bagaimana mendapat data operasi MED PLTU ?
- b. Bagaimana mengolah data tersebut ?
- c. Bagaimana menghitung produksi air tawar di tiap efeknya ?
- d. Bagaimana menghitung produksi air tawar dengan menggunakan metode analisis keseimbangan energi ?

1.4 Batasan Masalah

Dalam tugas akhir ini, diharapkan penyelesaian masalah dapat terarah. Sehingga dibuatlah batasan masalah pada karya tulis ini, yaitu :

- a. Tekanan ejektor sebesar 10 kPa.
- b. Dalam perhitungan, menggunakan metode analisis kesetimbangan termal.
- c. Tekanan dan laju aliran massa uap yang keluar dari *boiler* dan masuk ke efek 1 sebesar 0,55 MPa dan 18,4 ton/jam.

1.5 Metoda Pengumpulan Data

Hal yang dilakukan dalam melakukan penelitian ini adalah mencakup hal-hal di bawah, yaitu :

1. Studi literatur, sebagai dasar dan pendukung penelitian, agar dalam pembuatan laporan penelitian tidak menyimpang dari permasalahan yang ditinjau.
2. Pengambilan data, lalu dilakukan perhitungan untuk mendapatkan perumusan yang mengarah pada tujuan peneliti dan kemudian diambil kesimpulan.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan ini disusun dengan urutan sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Berisi latar belakang, tujuan penelitian, batasan masalah, metodologi penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II DASAR TEORI

Berisi tentang penjelasan sistem *Multi Effect Distillation* (MED).

BAB III DIAGRAM ALIR

Berupa alur kerja peneliti dari awal hingga akhir penyusunan Tugas Akhir.

BAB IV ANALISIS

Berisi tentang cara perhitungan dan perbandingan data pada Tugas Akhir.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi tentang kesimpulan dari data keseluruhan yang telah diolah dan saran yang diberikan penulis.